**IX. Bemerkungen über den Raumsinn des Ohres;
von Ernst Mach.**

In einer ältern Arbeit¹⁾ glaube ich dargethan zu haben, daß die Klangfarbe eines Schalles von dessen Intensität und demnach mittelbar auch von der Entfernung der Schallquelle abhängt. Dieß ist so zu verstehen. Abgesehen davon, daß unter Umständen *physikalische* Ursachen wirken, welche in größerer Entfernung von der Schallquelle den Obertönen des Klanges das Uebergewicht über den Grundton verschaffen, kommt noch eine *physiologische* Erscheinung ins Spiel. Wenn nämlich die Partialtöne eines Klanges auch alle in gleichem Verhältniß intensiver oder weniger intensiv werden, so überwiegen doch in der *Empfindung* bei Vermehrung der Intensität die tiefern, bei Verminderung derselben die höhern Partialtöne. Der *verstärkte* Klang erscheint bei übrigens gleicher Beschaffenheit *voller*, der *geschwächte* *leerer*.

Ich habe die Thatsache, welche, wie es scheint durch Beobachtungen von W. Weber²⁾, S. Ringer³⁾, Wyld, Stricker⁴⁾ und mir constatirt ist, auf einen empirischen Ausdruck gebracht. Mit Zugrundlegung des Weber-Fechner'schen Gesetzes finden wir für die Empfindungsintensität y eines Tones von der physikalischen Intensität x , welcher bei der Stärke b auf die Schwelle tritt:

$$y = a \cdot \log\left(\frac{x}{b}\right)$$

und für einen höheren Ton:

$$y_1 = a_1 \cdot \log\left(\frac{x}{b_1}\right).$$

1) Ueber einige der physiologischen Akustik angehörige Erscheinungen
Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 50. Bd.

2) Pogg. Ann. Bd. 24, S. 174.

3) Pogg. Ann. 1863, Bd. 118, S. 636.

4) Pogg. Ann. 1864, Bd. 121, S. 335.

Diese beiden Gleichungen drücken unsere Thatsache aus, wenn $b_1 < b$, $a_1 < a$. Dann überwiegen bei geringerer physikalischer Intensität in der Empfindung die höhern, bei grösserer Intensität die tiefern Töne.

In derselben Weise stelle ich schon seit zwei Jahren in meinen Vorlesungen den mehrmals von Dove¹⁾ besprochenen Helligkeitswechsel von Blau und Roth in der Dämmerung dar. Eine ähnliche Erklärung dieser Erscheinung findet sich nun auch in Wundt's eben vollendetem Lehrbuch der Physiologie S. 541. Nur macht Wundt keine Anwendung von dem Weber-Fechner'schen Gesetz. Seine beiden Curven Fig. 1 würden nach meiner Auffassung durch Fig. 2 zu ersetzen seyn. Man wird sich

Fig. 1.

Fig. 2.

vielleicht so auch den Farbenwechsel kleiner Objecte bei der Entfernung derselben zu denken haben. Ueberhaupt ist die Erscheinung vermuthlich bei allen Sinnesorganen anzutreffen, welche verschiedene Empfindungsqualitäten gleichzeitig aufzufassen vermögen.

Wenn die Klangfarbe von der Entfernung der Schallquelle abhängt, so wird man offenbar auch die Entfernung eines bekannten Schalles nach der Klangfarbe schätzen können, es wird also eine Art Luftperspektive auch für das Ohr geben. Dieser Schluss bestätigt sich in der That und lässt sich durch hübsche Experimente beleuchten.

Wenn man den Ton einer Stimmgabel durch eine Nörremberg'sche Röhre beobachtet, welche den Grundton fast auslöscht, die Obertöne aber bestehen lässt, so glaubt

1) Pogg. Ann. Bd. 121, S. 161.

man die Gabel in großer Entfernung zu hören. Noch auffallender ist dies an einer menschlichen Stimme wenn diese im Grundtone der Nörreberg'schen Röhre spricht. Man hört diese Stimme wie über die Gasse herüber. Denselben Effect erhält man, wenn man mittelst einer Luftpumpe die Luft in den äußern Gehörgängen comprimirt, dadurch die Trommelfelle spannt und für tiefere Töne schwingungsunfähig macht. Man meint dann die Stimme eines Nebestehenden aus großer Entfernung zu hören; sie erscheint der Bauchrednerstimme ganz ähnlich. Diese Urtheilstäuschungen sprechen offenbar für die aufgestellte Behauptung.

Auf die Schätzung der Lage der Schallquelle, über welche ich zahlreiche Beobachtungen gesammelt habe, komme ich später zu sprechen.

X. Studien über die Gase; von Dr. H. W. Schroeder van der Kolk.

§. I. Einleitung.

Sofern der Satz der mechanischen Wärmetheorie, daß der Zustand eines Körpers nur von zwei gegebenen Größen abhängig sey, als statthaft betrachtet werden kann, läßt sich auch die Formel $p v = k \tau$, wo p den Druck, v das Volumen, und τ die absolute Temperatur bezeichnet, als für alle Körper gültig betrachten. k ist dann im Allgemeinen eine veränderliche von Temperatur und Druck abhängige Größe; setzt man sie constant, so erhält man die Formel des Körpers, den man ein ideelles Gas genannt hat. Die wirklichen Gase nähern sich sehr diesem Zustande; die Veränderungen, welche Temperatur und Druck hier im Werthe von k hervorrufen, sind sehr gering. Für einige Gase, namentlich für Wasserstoff, Luft, Kohlensäure und Stickstoff erlauben die Regnault'schen Bestimmungen, die